

# Implementasi Penerjemah Bahasa Isyarat Pada Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) Dengan Metode *Principal Component Analysis* (PCA)

Rohmat Indra Borman<sup>1\*)</sup>, Bentar Priyopradono<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia

<sup>1,2</sup>Jl. Z. A. Pagar Alam No.9 -11, Labuhan Ratu, Kedaton, Kota Bandar Lampung, Lampung, 35132, Indonesia

email: <sup>1</sup>rohmat\_indra@teknokrat.ac.id, <sup>2</sup>bentarpriyopradono@teknokrat.ac.id

**Abstract** – Deaf people can communicate with other normal people by utilizing hearing impairment or by using sign language. Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) is a sign language promoted by Gerakan Kesejahteraan Tunarungu Indonesia (GERKATIN). An application is required to make people easier to communicate and recognize sign language especially Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO). This research aimed to develop a translator application that can translate a movement of sign language into a text form that can be understood by the normal person. The method used in this research is PCA (Principal Component Analysis) to identify patterns in the data and then express the data to other forms to show differences and similarities between patterns. To recognize the object, this research used a viola-jones method that gives a specific indication of a picture or image. This research will produce an application that can translate 26 letters sign language to the form of letters in general.

**Abstrak** – Penyandang tunarungu dalam berkomunikasi sesama penyandang tunarungu dan tuna wicara atau kepada masyarakat normal menggunakan bahasa isyarat. Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) merupakan bahasa isyarat yang digalakan Gerakan Kesejahteraan Tunarungu Indonesia (GERKATIN). Untuk mempermudah dalam berkomunikasi dan mengenal bahasa isyarat khususnya Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) diperlukan aplikasi yang dapat menerjemahkan dari gerakan bahasa isyarat kedalam bentuk *text* yang dapat dipahami oleh orang normal. Dalam pengolahan citra dari citra gerakan bahasa isyarat dibutuhkan suatu metode yang digunakan untuk melakukan proses atau manipulasi gambar *digital*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah PCA (*Principal Component Analysis*) untuk mengidentifikasi pola pada data dan kemudian mengekspresikan data tersebut ke bentuk yang lain untuk menunjukkan perbedaan dan persamaan antar pola. Untuk mengenali objek digunakan metode *viola-jones* yang memberikan indikasi secara spesifik pada sebuah gambar atau *image*. Penelitian ini akan menghasilkan aplikasi yang dapat menerjemahkan bahasa isyarat berupa 26 huruf dalam bentuk *capture image* dengan alat bantu kamera kedalam bentuk luaran berupa huruf pada umumnya.

**Kata Kunci** – bahasa isyarat, bisindo, huruf, pca, tunarungu, viola-jones.

## I. PENDAHULUAN

Bahasa isyarat merupakan alat yang digunakan untuk berkomunikasi sesama penyandang tunarungu atau

tunawicara kepada masyarakat normal dengan menggunakan gerakan tangan, mimik, tubuh yang membentuk simbol-simbol yang mengartikan suatu huruf atau kata. Salah satu metode bahasa isyarat yang digunakan oleh penyandang tunarungu adalah metode BISINDO (Bahasa Isyarat Indonesia). BISINDO merupakan bahasa yang digalakkan Gerakan Kesejahteraan Tunarungu Indonesia (GERKATIN) dan dikembangkan oleh masyarakat tunarungu sendiri. Kendala komunikasi penyandang tunarungu dengan orang normal adalah pesan yang ingin disampaikan tidak dapat dipahami karena orang normal tidak memahami bahasa yang digunakan oleh penyandang tunarungu. Banyak buku yang memberi pelajaran untuk memahami bahasa isyarat yang digunakan oleh penyandang tunarungu, namun dalam pengaplikasiannya buku-buku hanya menjelaskan cara menggunakan bahasa isyarat tersebut. Maka diperlukan aplikasi khusus yang dapat menterjemahkan bahasa isyarat sehingga orang normal dapat memahami apa yang disampaikan oleh penyandang tunarungu.

*Digital image processing* atau dikenal dengan pengolahan citra digital merupakan suatu metode yang dipergunakan untuk melakukan proses atau manipulasi gambar digital yang disimpan dalam skala dua dimensi [1]. Metode *Principal Component Analysis* (PCA) dapat digunakan untuk menyelesaikan proses-proses citra *digital* sebagai salah satu bentuk data. PCA mampu menyederhanakan suatu data dengan cara mentransformasi linier sehingga terbentuk sistem koordinat baru dengan varian maksimum [2].

Pada penelitian ini menerapkan metode *Principal Component Analysis* (PCA) yang digunakan untuk ekstraksi fitur pada citra sehingga objek tangan dapat diterjemahkan. Hasil dari penelitian ini adalah aplikasi yang dapat menterjemahkan bahasa isyarat berupa 26 huruf alfabet dalam bentuk *capture image* dengan alat bantu kamera kedalam bentuk huruf pada umumnya.

## II. PENELITIAN YANG TERKAIT

Penelitian pendahuluan yang terkait bahasa isyarat yang direralisasi dalam penelitian ini diantaranya penelitian tentang Aplikasi Pembelajaran Bahasa Isyarat Bagi Penyandang Tuna Rungu Berbasis Android Dengan Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO). Penelitian ini membangun aplikasi pembelajaran multimedia berbasis android dengan menghasilkan pembelajaran untuk angka, alphabed dan kata-kata sehari-hari [3].

\*) penulis korespondensi (Rohmat Indra Borman)  
Email: rohmat\_indra@teknokrat.ac.id

Selain itu terdapat penelitian yang melakukan analisa implementasi bahasa isyarat pada latar belakang / *background* citra yang kompleks. Penelitian ini menggunakan *kinect* dan jaringan syaraf tiruan, dimana berdasarkan hasil uji coba jaringan syaraf tiruan tersebut dapat mengenali bahasa isyarat dengan tingkat akurasi sebesar 85%. Bahasa isyarat dinamis (huruf J dan huruf Z) dapat dikenali dengan sempurna dikarenakan model pergerakan tangan untuk kedua huruf tersebut tidak mirip [4].

Berbeda dengan yang membahas tentang *Handgesture To Text* dengan metode *Artificial Intelligence KNN (K-Nearest Neighbour)*. Pada penelitian ini membahas pengenalan alfabet untuk bahasa isyarat dengan metode SIBI. Hasil uji akurasi tangan menunjukkan bahwa postur tangan akan dideteksi secara optimal pada posisi tangan tegak, jarak 110 cm, dan intensitas cahaya tinggi atau sedang. Dengan data training 50 data nilai K pada metode *K-Nearest Neighbour* yang optimal adalah 32. Huruf alphabet yang dapat diterjemahkan adalah huruf alfabet A sampai dengan Y. Huruf alfabet J dan Z tidak dapat diterjemahkan karena berbentuk gerakan tangan [5].

Pada penelitian lain, yang meneliti tentang identifikasi kode tangan untuk bahasa isyarat yang mengacu pada ASL (*American Sign Language*) PCA. Pada penelitian ini identifikasi kode tangan diimplementasikan menggunakan metode PCA sebagai ekstraksi fitur. Sistem identifikasi kode tangan pada penelitian ini dengan menggunakan *software* Matlab dan Ms. Excel. Uji coba sistem dilakukan dengan membandingkan sistem yang telah dibuat dengan perhitungan manual dengan menggunakan metode PCA. Uji coba pengujian yang dilakukan dengan gambar tangan yang dihasilkan pada cahaya normal menghasilkan akurasi mencapai 84,6% [6].

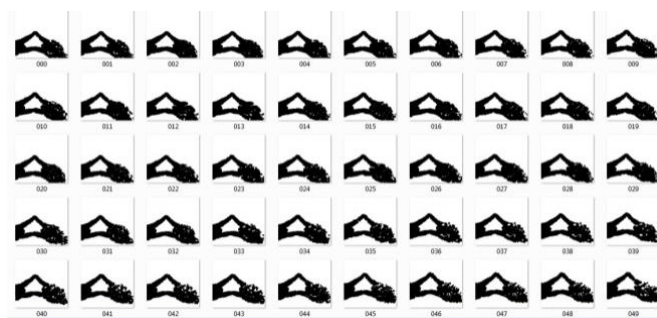
Penelitian lain yang terkait dengan penggunaan metode *Principle Component Analysis (PCA)* yang meneliti Sistem Pengenalan Kualitas Ikan Gurame dengan *wavelet*, PCA, *histogram* HSV dan KNN. Pada penelitian ini menyajikan pengenalan citrainduk ikan gurame untuk mengenali kualitas induk Gurame melalui tekstur kulit sisiknya dengan ekstraksi fitur metode *wavelet haar* dan *Principle Component Analysis (PCA)* untuk mengenali jenis induk gurame menggunakan ekstraksi fitur *histogram HSV*. Citra yang diuji total berjumlah 36 buah citra menghasilkan total rata-rata akurasi pengenalannya sebesar 97,8% dengan menggunakan metode ekstraksi *wavelet* dengan PCA [7].

Dalam penelitian ini akan menerjemahkan Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) berupa 26 huruf alfabet dalam bentuk *capture image* dengan alat bantu kamera kedalam bentuk huruf pada umumnya. Metode yang digunakan adalah metode PCA, karena dinilai mampu mereduksi dimensi citra dengan baik. Pada penelitian pengenalan kualitas ikan gurame, PCA mampu mengenali objek dengan tingkat akurasi yang dihasilkan rata-ratanya adalah 97,8%. Selain itu pada penelitian identifikasi kode tangan untuk bahasa isyarat yang mengacu pada ASL (*American Sign Language*) PCA mampu mengekstraksi fitur dan menghasilkan akurasi mencapai 84,6% [4].

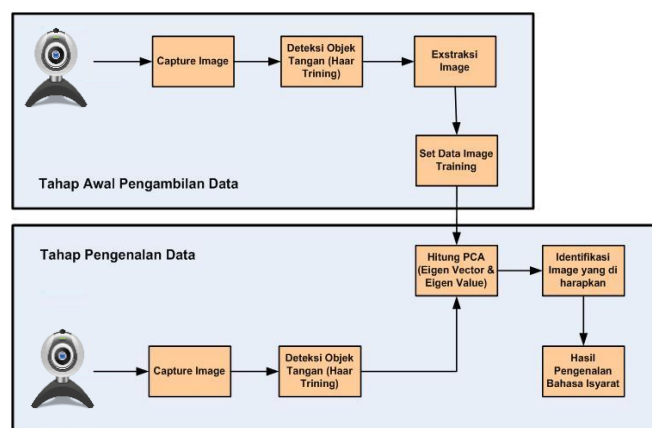
### III. METODE PENELITIAN

#### A. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya, data primer berupa citra gerakan bahasa isyarat berformat RGB (*Red Green Blue*) yang diperoleh dari hasil pengambilan gambar menggunakan kamera digital (*webcam*) dan data sekunder berupa data bahasa isyarat alfabet yang diambil dari buku Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) yang diterbitkan oleh DPP GERKATIN (Gerakan untuk Kesejahteraan Tunarungu Indonesia) DKI Jakarta. Data citra diambil dengan *webcam* kemudian digunakan sebagai data training seperti pada Gbr. 1.



Gbr. 1 Sampel Data Training.



Gbr. 2 Ilustrasi Konsep Aplikasi

#### B. Perancangan dan Pemodelan

Sebelum mulai mengembangkan aplikasi penerjemah bahasa isyarat yang perlu dilakukan adalah merancang desain keseluruhan aplikasi.

##### 1) Ilustrasi Aplikasi

Ilustrasi aplikasi ini mengilustrasikan mengenai konsep aplikasi yang akan dibangun. Aplikasi yang akan dibuat akan menggunakan *webcam* yang telah terkoneksi dengan PC atau laptop. Dalam penerapannya, bahasa isyarat tangan sebagai objek dengan pola yang telah ditentukan dimana akan diidentifikasi sehingga akan menampilkan arti bahasa isyarat yang telah di inputkan sebelumnya seperti dirujuk pada Gbr.2.

a) *Tahap Awal Pengambilan Data*: Untuk tahap ini dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- Mengaktifkan sensor untuk menangkap objek dengan menggunakan kamera *webcam*.

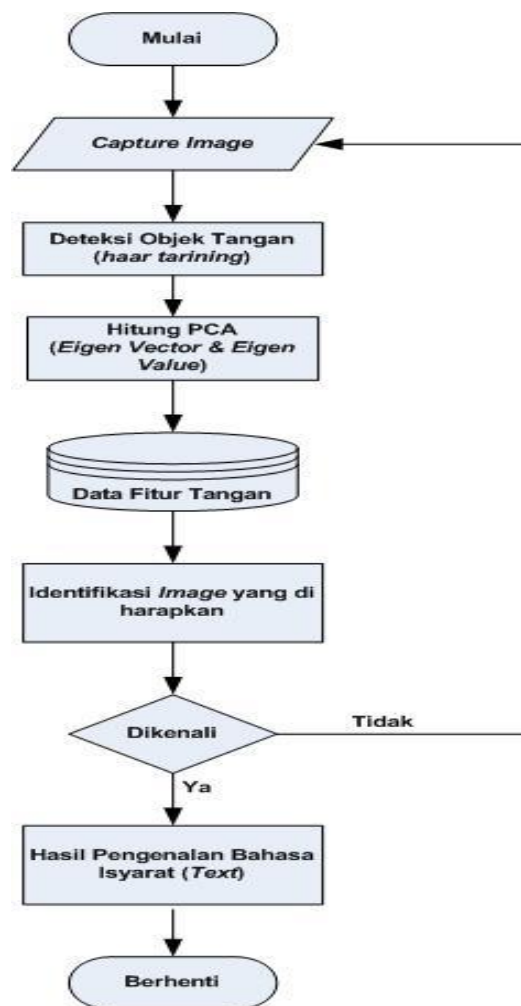
- *Capture image* dilakukan secara *real time* memakai kamera *webcam* pada tampilan aplikasi yang telah dibuat.
- Setelah itu dilakukan deteksi objek tangan. Pada proses ini untuk mendeteksi objek tangan saja dan supaya membedakan dengan objek lainnya digunakanlah *tool haar training* yang telah tersimpan ke dalam bentuk file.
- Kemudian langkah yang harus dilakukan selanjutnya adalah penetapan ukuran gambar tangan dimana gambar tangan tersebut saja yang diambil untuk diproses dan dikonversikan dari *RGB image* menjadi *grayscale image file*.
- *Image* tangan yang telah dikonversikan disimpan pada folder yang telah ditentukan. *Image* tangan ini diambil sebagai data untuk training dan sebagai nilai pembandingan pada proses pengenalan bahasa isyarat tangan.

b) *Tahap Pengenalan Data*: Sementara itu untuk proses pengenalan dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini:

- Mengaktifkan kamera *webcam*.
- Melakukan proses penangkapan *image (capture image)* yang dilakukan secara *real time* tampilan aplikasi yang akan dibuat.
- Selanjutnya melakukan deteksi objek tangan agar dapat dibedakan dengan objek lainnya dimana prosesnya menggunakan *tool haar training*.
- Kemudian melakukan proses PCA yaitu training data *image* yang diperoleh dibandingkan dengan data *image* yang telah tersimpan dimana pada bagian ini didapatkan *eigenvektor* dan *eigenvalue* dari sebuah *image* tangan.
- Setelah melewati proses training dan klasifikasi dengan metode PCA maka proses identifikasi dan hasil pengenalan bahasa isyarat tangan yang dikonversikan ke dalam text berupa huruf sudah bisa diperoleh.

## 2) Flowchart Mekanisme Aplikasi

*Flowchart* aplikasi penerjemah bahasa isyarat menggambarkan bagaimana alur mengenai aplikasi yang akan dibuat. Mekanisme proses aplikasi penerjemah bahasa isyarat dijelaskan pada Gbr.3, yaitu dimulai dengan mengaktifkan kamera *webcam* untuk melakukan proses penangkapan *image (capture image)* yang dilakukan secara *real time*, selanjutnya melakukan deteksi objek tangan agar dapat dibedakan dengan objek lainnya dimana prosesnya menggunakan *tool haar training*. Kemudian melakukan proses PCA yaitu *training data image* yang diperoleh dibandingkan dengan data *image* yang telah tersimpan dimana pada bagian ini didapatkan *eigenvektor* dan *eigenvalue* dari sebuah *image* tangan. Setelah melewati proses training dan klasifikasi dengan metode PCA maka proses identifikasi dan hasil pengenalan bahasa isyarat tangan yang dikonversikan ke dalam *text* berupa huruf sudah bisa diperoleh.



Gbr. 3 Flowchart Mekanisme Sistem

## C. Implementasi Pemodelan

Secara sederhana PCA adalah transformasi linear untuk menentukan sistem koordinat yang baru dari sebuah data set. [8]. PCA dapat digunakan untuk mereduksi dimensi suatu data tanpa mengurangi karakteristik data tersebut secara signifikan. PCA melibatkan prosedur matematis mentransformasikan beberapa variabel yang memiliki korelasi menjadi kumpulan fitur yang tidak berkorelasi yang jumlahnya lebih sedikit yang disebut *principal component* [9]. Proses ini akan menghasilkan beberapa *eigenvektor* yang merupakan kombinasi seluruh variasi fitur yang terdapat dalam seluruh data. Jika objek yang digunakan berupa gambar wajah, *eigenvektor* tersebut sering disebut juga *eigenfaces*. Untuk melakukan hal ini, data atau gambar yang akan direduksi dimensinya harus diubah menjadi kumpulan matriks kolom  $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \dots, \Gamma_M$  dimana  $M$  merupakan jumlah dari sampel yang tersedia. *Eigenvektor* yang diperoleh pada PCA merupakan *eigenvektor* dari *matriks covariance*. Untuk memperoleh *matriks covariance* dapat menghitung perbedaan antara data-data yang ada dengan rata-ratanya.



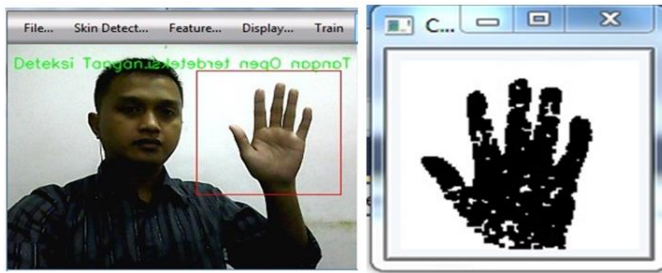
#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Implementasi Sistem

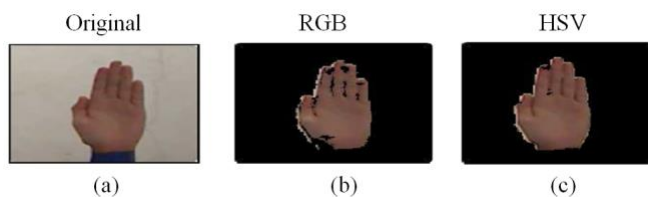
Untuk menerjemahkan bahasa isyarat tangan menjadi huruf berupa *text* pada umumnya, terdapat beberapa proses yang harus dilalui terlebih dahulu.

##### 1) Objek Detection

*Haar classifier* digunakan untuk mendeteksi tangan (tangan terbuka Dan tertutup). *Haar cassifier* membangun *cascade* penolakan didorong dengan menolak data negatif untuk datang dengan keputusan untuk mencari data positif. Pada aplikasi ini *haar classifier* digunakan untuk menginisialisasi wilayah yang menarik dimana tangan pengguna harus berada dalam kotak untuk diklasifikasikan seperti pada Gbr. 4.



Gbr. 4 Hasil Deteksi Objek



Gbr. 5 Proses Skin Detection



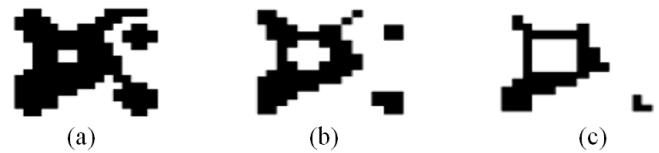
Gbr. 6 Proses Skin Detection

##### 2) Skin Detection

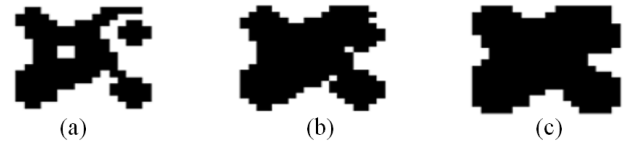
Untuk deteksi warna kulit dapat dideteksi dengan RGB dan HSV. Perbandingan deteksi warna kulit dapat terlihat pada Gbr. 5.

##### 3) Noise Removal and Tresholding

Proses *thresholding* merupakan proses untuk mengubah citra berderajat keabuan menjadi citra biner atau hitam putih sehingga dapat diketahui daerah yang termasuk obyek dan *background* dari citra secara jelas, seperti pada Gbr 6. Derau pada citra dihilangkan agar citra dapat ditangkap dengan jelas melalui proses mengkilis (*ercode*) dan melebarkan (*dilate*) seperti pada Gbr. 7 dan Gbr 8.



Gbr. 7 Proses Mengkilis (*Erkode*)



Gbr. 8 Proses Melebarkan (*Dilate*)

##### 4) Proses Training

Pada proses training citra tangan didefinisikan suatu matrik citra  $I$  dengan ukuran  $(N_x \times N_y)$  dikonversikan ke suatu vektor citra  $\Gamma$  dengan ukuran  $(N \times 1)$  dengan  $N = (N_x \times N_y)$ , merupakan matrik citra yang dibentuk dengan menggabungkan setiap kolom pada citra menjadi satu. Vektor-vektor citra  $\Gamma$  yang berukuran  $(N \times M_t)$  pixel. Selanjutnya Menghitung mean dari citra tangan, menghitung rata-rata dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\Psi = \frac{\sum_{i=1}^M \Gamma_i}{M} \quad (1)$$

Setelah mendapatkan nilai rata maka selanjutnya menghitung perbedaan-perbedaan citra dengan tiap citra dalam data training.

$$\Phi = \Gamma - \Psi \quad (2)$$

Vektor dari *mean subtracted image* ini memiliki matrik berukuran  $(N \times M_t)$  pixel. Untuk Matrik  $A$  yang disebut dengan *Difference Matrix*, memiliki ukuran  $(N \times M_t)$  pixel.

$$A = [\Phi_1, \Phi_2 \dots \Phi_{M_t}] \quad (3)$$

Kemudian langkah selanjutnya menghitung matrik kovarian.

$$P = A \cdot A^T = \sum_{i=0}^{M_t} \Phi_i \Phi_i^T \quad (4)$$

##### 5) Proses Klasifikasi Citra

Untuk proses klasifikasi pada algoritma PCA, tidak menggunakan semua *eigenface* dari citra *training* ( $M_t$ ), melainkan hanya menggunakan *eigenface* yang signifikan. Selanjutnya citra training kemudian diproyeksikan pada ruang *eigenface*, kemudian ditentukan bobot (*weight*) dari setiap *eigenvector*-nya. Untuk mencari proyeksi citra training untuk setiap *eigenvector*, dengan  $k = 1, 2, 3, \dots M'$ .

$$\omega_k = v_k^T \cdot \Phi = v_k^T \cdot (\Gamma - \Psi) \quad (5)$$

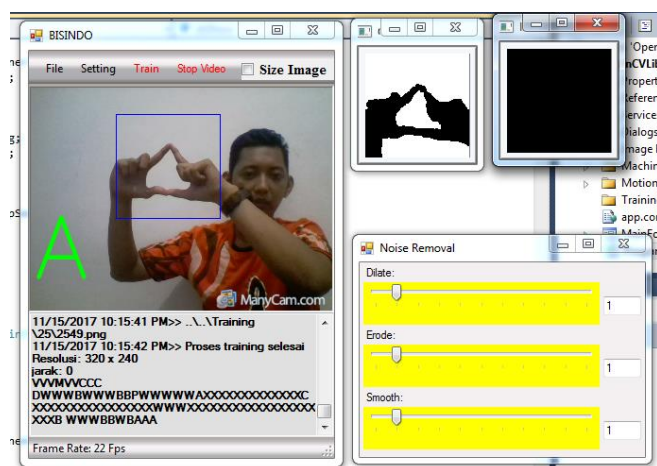
Kemudian dilakukan representasi citra *training* pada *eigenface* berukuran ( $M' \times 1$ ).

$$\Omega = [\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_M] \quad (6)$$

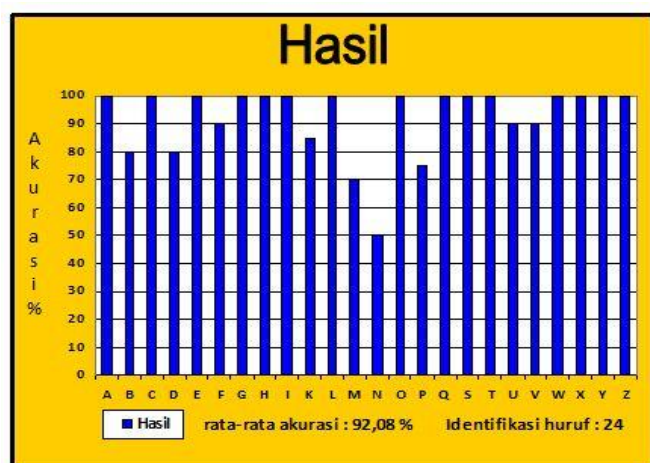
Pada tahap ini, citra dibentuk dari matrik-matrik bobot pada ruang *eigenface* dan secara sederhana citra-citra tersebut seperti memiliki harga *pixel* pada ruang citra. Setiap citra yang direpresentasikan berasal dari citra yang berukuran ( $N \times N_y$ ) pada ruang citra, setelah dilakukan pemrosesan maka citra tersebut diwakili oleh suatu vektor berukuran ( $N' \times 1$ ) pada ruang *eigenface*.

### B. Pengujian Sistem

Pada pengujian akan diuji berdasarkan 24 isyarat huruf yang dapat diterjemahkan yaitu huruf A, B, C, D, E, F, G, H, I, K, L, M, N, O, P, Q, S, T, U, V, W, X, Y dan Z. Pengujian ini dijalankan oleh 10 orang setiap orang memberikan 10 bentuk isyarat tangan untuk di terjemahkan.



Gbr. 9 Proses Pengujian



Gbr. 10 Hasil Pengujian

Rata-rata pengujian yang telah dilakukan menunjukkan hasil 90,6% dikarenakan bentuk tangan yang hampir mirip

dengan bentuk tangan yang lainnya seperti huruf B, D, P, M, dan N. Selain itu juga ada huruf yang sulit untuk membentuknya seperti contoh huruf F, K, dan Z. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gbr. 10.

### V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan aplikasi penerjemah bahasa isyarat pada Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) untuk mendeteksi citra tangan dengan algoritma melalui proses *object detection* dengan *haar classifier*, *skin detection*, *noise removal* dan *thresholding*. Setelah objek tangan terdeteksi kemudian citra dilakukan ekstraksi fitur sehingga dengan Principle Component Analysis sehingga objek tangan yang membentuk bahasa isyarat huruf dapat dikenali.

Pada pengujian pengenalan huruf pada 26 isyarat huruf dapat dikenali 24 huruf diantaranya huruf A, B, C, D, E, F, G, H, I, K, L, M, N, O, P, Q, S, T, U, V, W, X, Y dan Z. Huruf J dan R tidak dapat dikenali karena menggunakan gerakan tangan dinamis. Dari 10 orang setiap orang memberikan 10 bentuk isyarat tangan untuk di terjemahkan menghasilkan rata-rata keberhasilan aplikasi dalam menganl bahasa isyarat adalah 90,6 %. Beberapa huruf sulit untuk dikenali seperti huruf B, D, P, M, dan N, dikarenakan bentuk tangan yang hampir mirip dengan bentuk tangan yang lainnya. Selain itu juga ada huruf yang sulit untuk membentuknya seperti contoh huruf F, K, dan Z.

Adapun beberapa saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya untuk perbaikan penelitian yang telah dilakukan diantaranya adalah untuk menerjemahkan bahasa isyarat kedalam *text* pada umumnya dapat menggunakan jaringan syaraf tiruan agar menghasilkan hasil yang lebih maksimal. Pada penelitian berikutnya dapat menggunakan alat tambahan seperti *kinect* sehingga dapat mengatasi bahasa isyarat yang dinamis atau bergerak. Dapat dikembangkan tidak hanya huruf saja melainkan bahasa isyarat sehari-hari yang sering digunakan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada pihak-pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini diantaranya Universitas Teknokrat Indonesia (UTI), SLB Dharma Bhakti Dharma Pertiwi Bandar Lampung dan DPP GERKATIN (Gerakan untuk Kesejahteraan Tunarungu Indonesia) DKI Jakarta.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] R.C. Gonzalez, R.E. Woods, (2002). *Digital Image Processing*. USA: Tom Robbins.
- [2] L.I. Smith., 2002. A tutorial on Principal Components Analysis. *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, pp.12-20,
- [3] I. Kautsar, R.I. Borman, and A. Sulistyawati., (2015). Aplikasi Pembelajaran Bahasa Isyarat Bagi Penyandang Tuna Rungu Berbasis Android Dengan Metode BISINDO. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia*,
- [4] N. Sugianto, F. Samopa, (2015). Analisa Manfaat Dan Penerimaan Terhadap Implementasi Bahasa Isyarat Indonesia Pada Latar Belakang Komplek Menggunakan Kinect Dan Jaringan Syaraf Tiruan. *JUISI*, Vol 1, No 1,
- [5] I.P.W. Merta, I.M.G. Surya, I.K.R. Arthana., (2015). Handgesture To Text Dengan Metode Artificial Intelligence KNN (K-Nearest Neighbour). *Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika (KARMAPATI)*.

- [6] Holisah, P. Harsani, A. Qur'ania., (2014). Sistem Identifikasi Kode Tangan Menggunakan Principal Component Analysis Dan Backpropagation. *Jurnal Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pakuan*,
- [7] F. Astutik., (2013). Sistem Pengenalan Kualitas Ikan Gurame dengan Wavelet, PCA, Histogram HSV dan KNN. *Jurnal LONTAR KOMPUTER*, VOL. 4, NO. 2.
- [8] A. R. Syakhala, D., Puspitaningrum, E., and D. Purwandari., (2015). Perbandingan Metode Principal Component Analysis (PCA) Dengan Metode Hidden Markov Model (HMM) Dalam Pengenalan Identitas Seseorang Melalui Wajah. *Jurnal Rekursif*, Vol. 3, No.2.